

大叶公路桥台后软土路基处理方法研究

吴江涛, 牛建峰

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要:以上海市大叶公路奉贤段改建工程为项目依托,对常用的软土路基处理方法进行了对比分析,并结合工程的实际情况,综合考虑控制沉降的效果、水源地环境保护要求、工程造价三个方面,确定了适用于该工程桥台后软土路基的处理方法。通过对桥台后软土路基处理方法的研究,为工程的推进实施提供了理论依据,也为其它工程桥台后软土路基的处理提供了参考。

关键词:桥台后;软土路基;沉降控制;环境保护;填土高度

中图分类号: U416.1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)04-0059-03

0 引言

上海属于典型的天然软土地基区域,浅部软土普遍发育,软土类型主要为滨海沼泽相堆积类型^[1]。软土具有含水率高、压缩性大、承载力低、抗剪强度低、渗透性低等特点^[2]。正是由于这些特点的存在,在软土地基上修筑公路就不可避免的需要采取一定的地基处理措施,尤其是高等级公路桥台后软土地基的处理。若桥台后软土地基处理不到位,会导致桥台后路基出现较大的工后沉降,与桥台结构产生较大的沉降差,影响行车安全。因此,控制桥台后软土地基的工后沉降,减小道路与桥台结构的沉降差,是避免出现“桥头跳车”现象的有效途径。

本文以大叶公路桥台后软土路基为研究对象,总结桥台后路基处置措施,对比分析不同处置措施下的工后沉降及相应处置费用,从而实现最为经济合理的控制桥台后路基沉降。

1 工程概况

1.1 工程背景

大叶公路奉贤段改建工程西起千步泾,东至六奉公路,全长33 km。大叶公路现状为二级公路,设计速度60 km/h。改造后为一级公路,主线设计速度80 km/h,红线宽度50 m,是奉贤区一条重要的东西向贯通性货运通道。本工程标准横断面为50.0 m=3.5 m(人行道)+6.5 m(联络道)+2.0 m(侧分带)+12.0 m(机动车道)+2.0 m(中央分隔带)+12 m(机

车道)+2.0 m(侧分带)+6.5 m(联络道)+3.5 m(人行道),见图1。工程沿线河道较多,全线新建跨航道桥2座、跨线桥4座、地面桥32座。因此,有必要对桥台后软土路基处理方法进行研究,以确定本工程所适用的桥台后软土路基处理方法。

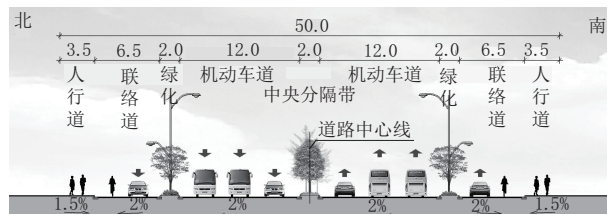


图1 标准横断面(单位:m)

1.2 地基土层特性

拟建场地在勘察深度(最大深度为70.0 m)范围内揭露的地基土均属第四纪沉积物,主要由粘性土、粉性土及砂性土组成。根据沿线勘察资料显示,拟建场地沿线地层分布总体较为平稳,其地层分布主要呈以下特点:

(1)沿线表层填土局部以杂填土为主,尤其是现有道路范围内表层填土以杂填土为主,其余地段表层填土以素填土为主。

(2)沿线浅部③_t层分布不均匀,局部路段有分布,表现为砂质粉土或粘质粉土。

(3)沿线深部⑦层分布总体较为平稳,是较好的持力层,但局部路段均匀性较差,对桩基工程有一定影响。

(4)沿线⑦层以下局部有⑧层分布,相对于其上部的⑦层较软,其分布不稳定,仅局部有分布,层位也有一定起伏,对桩基工程有一定影响。地基土层划分见表1。

收稿日期: 2021-08-19

作者简介: 吴江涛(1990—),男,硕士,工程师,从事道路设计工作。

表 1 地基土层划分表

土层序号	土层名称	厚度 /m	压缩性	分布特征
① ₀	淤泥	0.2~1.7	高	明浜区浜底有分布
① ₁₋₁	杂填土	0.4~7.0	-	大部分地段有分布,局部缺失区表层土为① ₁₋₂ 层素填土
① ₁₋₂	灰黄色素填土	0.3~6.0	高-中	大部分地段有分布,局部缺失区表层土为① ₁₋₁ 层杂填土
① ₂	灰~灰黑色浜土	0.6~2.4	高	仅在暗浜区有分布
② ₂	褐黄~灰黄色粉质黏土	0.2~2.9	中	暗浜及厚填土区缺失,其余地段均有分布,层位稍有起伏
③	灰色淤泥质粉质黏土	0.5~6.2	高	普遍分布,层位较平稳
③ ₁	灰色砂质粉土、夹淤泥质、粉质黏土	0.4~4.4	中	沿线大部分地段有揭露,局部缺失,层位有一定起伏
④	灰色淤泥质黏土	3.7~8.1	高	普遍分布,层位较平稳
⑤ ₁	灰色黏土	8.2~16.5	高	普遍分布,层位较平稳
⑥ ₁	暗绿色粉质黏土	1.6~7.5	中	普遍分布,层位较平稳
⑦ ₁	草黄色砂质粉土	3.5~9.5	中	普遍分布,层位有起伏
⑦ ₂₋₁	灰黄色粉砂	7.5~14.1	中	普遍分布,层位较平稳
⑦ ₂₋₂	灰黄~灰色粉砂	18.9~23.0	中	普遍分布,层位较平稳

根据场地地基土的构成与特征分析,本工程中路基涉及的土层一般为①层填土及②层粉质黏土。

表 2 软土路基处理方法^[3-5]

处理方法		优点	缺点	处理费用	适用性
排水固结预压法	堆载预压	施工简便,费用低,无需增加额外工序	对深厚软基处理预压工期长	约 80 元 /m ³	预压时间长,工期紧张,不适用
	排水板+超载预压	处理深度大,明显缩短排水路径,处理费用低	工期长,排水板的打设对软土有一定扰动	120 元 /m ³	预压时间长,工期紧张,不适用
	真空-堆载联合预压	费用较省,利用真空应力和竖向排水体加速软土固结,对饱和深厚软土效果较好,可缩短工期	对夹有渗透性较好的土层,需设隔水帷幕,对施工工艺要求较高	220 元 /m ³	预压时间长,工期紧张,不适用
复合地基法	双向水泥土搅拌桩	属柔性桩复合地基,工法成熟,成桩质量好,施工操作简便,处理深度可达 20 m	费用高	280 元 /m ³	适用
	高压旋喷桩	属柔性桩复合地基,工法成熟,成桩质量好,施工操作简便,处理深度可达 20m	费用高	700 元 /m ³ (双重管)	适用
	预应力管桩	处理深度大,施工速度快,控制工后沉降效果好	费用高	320 元 /m	适用
轻质材料	粉煤灰路堤	自重轻,强度高,造价低	施工不当易造成污染	220 元 /m ³	水源保护区不适用
	EPS	自重轻	造价高昂	1 400 元 /m ³	造价高,不适用
	泡沫轻质混凝土	自重轻、强度高、工期短、环保	费用相对较高	450 元 /m ³	适用,可结合管桩或单独使用

①层填土属欠固结土,具有含水量高,孔隙比大、均匀性差、强度低等缺点,层厚 0.2~7.0 m;②层粉质黏土呈可塑~软塑状,中等压缩性,层厚 0.2~2.9 m。考虑到场地内软土分布较广、平均层厚较厚的特点,尤其是在桥梁接坡段,局部属于高填土道路,路基地基土在上部填土荷载作用下,会产生较大的工后沉降,在桥头与采用桩基础的桥台形成较大的差异沉降,出现桥头跳车现象。因此,在桥头接坡段道路路基需进行特殊处理,以减小与桥台的差异沉降。

2 软土路基处理方案比选

2.1 软土路基处理方法

一般地基处理措施及在本工程中的适用性见表 2。本工程预计工期 590 d,由于没有足够的预压期,不考虑采用排水固结预压法。此外,本工程部分路段位于水源地保护区,对环境保护要求较高,位于水源地保护区路基处理方法禁止使用二灰及粉煤灰材料。EPS 因造价太高,经实践检验,EPS 用于台后处理,存在一些弊端,近些年已经很少使用,本工程也不推荐使用。

水泥土搅拌桩成桩质量好,施工简便迅速,对周边管线和环境的影响小,处理费用相对刚性桩较低。预应力管桩属于刚性复合地基处理,一般适用于填土较高,处理深度较大的情况,其处理效果好,能有效提高地基承载力。因此,本工程对水泥搅拌桩、高压旋喷桩、预应力管桩和泡沫轻质混凝土进行方案比选。

2.2 软土路基沉降计算

刚性桩复合地基一般要求桩端下卧持力层的静力触探比贯入阻力 P_s 不小于 1 000 kPa。按照本工程的地质情况,持力层一般埋深 20~40 m,本工程 PHC 管桩桩长暂取 30 m 进行计算。水泥搅拌桩桩长一般不超过 20 m,本工程暂取 15 m 进行计算。

本工程采用理正岩土计算软件进行沉降计算,相关计算参数见表 3,沉降计算结果见表 4。

表 3 计算参数	
内容	参数
计算软件	理正岩土计算 6.5PB2 版
桥台后路基容许工后沉降 /m	≤0.1
路基设计顶宽 /m	46
填土高度 /m	2.0、2.5、3.0、3.5
水泥搅拌桩	桩长 15 m,桩径 0.7 m,桩间距 1.7 m
高压旋喷桩	桩长 15 m,桩径 0.7 m,桩间距 1.7 m
PHC 管桩	桩距 2.5 m,桩长 30 m,桩外径 0.4 m,壁厚 80 mm,桩帽 1.4×1.4×0.3

表 4 不同地基处理方式沉降值							单位:cm	
处理方式	填土高度							
	2.0 m		2.5 m		3.0 m		3.5 m	
	工后 沉降	总沉 降	工后 沉降	总沉 降	工后 沉降	总沉 降	工后 沉降	总沉 降
不处理	21.2	42.0	25.6	51.7	30.3	62.9	36.0	75.0
二灰	18.3	35.7	21.7	43.0	25.0	50.3	28.2	58.0
泡沫轻质土	12.1	21.8	14.6	26.9	16.5	31.3	18.0	35.2
水泥搅拌桩 + 石灰土	10.5	21.0	12.9	26.8	15.5	34.3	19.3	42.8
水泥搅拌桩 + 二灰	7.6	15.3	9.2	19.2	10.7	23.1	12.2	27.7
水泥搅拌桩 + 泡沫轻质土	4.3	6.9	5.7	9.6	6.8	12.8	7.5	15.1
高压旋喷桩 + 石灰土	10.3	20.7	12.5	26.3	14.9	33.6	18.5	41.9
高压旋喷桩 + 二灰	7.4	15.0	8.8	18.7	10.1	22.4	11.4	26.8
高压旋喷桩 + 泡沫轻质土	4.1	6.6	5.3	9.1	6.2	12.1	6.7	14.2
PHC + 石灰土	0.4	3.8	0.5	5.7	0.9	9.5	2.6	14.5

根据沉降计算结果可知,当台后填土高度为 2.0 m 时,采用二灰、泡沫轻质土回填、水泥搅拌桩+石灰土、高压旋喷桩+石灰土已不能满足控制沉降要求;当台后填土高度大于 2.5 m 时,仅水泥搅拌桩+泡沫轻质土、高压旋喷桩+泡沫轻质土和 PHC 管桩+石灰土 3 种方法可满足沉降要求。

2.3 工程造价

对满足沉降控制要求的水泥搅拌桩+二灰、高

压旋喷桩+二灰、水泥搅拌桩+泡沫轻质土、高压旋喷桩+泡沫轻质土、PHC 管桩+石灰土这五种处理方法进行工程造价比选,比选结果见表 5。

表 5 不同地基处理方式造价比较					
项目	单价 / 元	不同填土高度每平方米处理单价 / 元			
		2.0 m	2.5 m	3.0 m	3.5 m
水泥搅拌桩+二灰	水泥搅拌桩 /m ³	1 87	1 197	—	—
	二灰 /m ³				
高压旋喷桩+二灰	高压旋喷桩 /m ³	2 058	2 168	—	—
	二灰 /m ³				
水泥搅拌桩+泡沫轻质土	水泥搅拌桩 /m ³	1 547	1 772	1 997	2 222
	泡沫轻质土 /m ³				
高压旋喷桩+泡沫轻质土	高压旋喷桩 /m ³	2 518	2 743	2 968	3 193
	泡沫轻质土 /m ³				
PHC 管桩+石灰土	PHC/m	1 756	1 811	166	1 921
	石灰土 /m ³				

由表 5 可以看出,对于填土高度小于等于 2.5 m 的情况,水泥搅拌桩+二灰处理方式综合单价最低;对于填土高度大于 2.5 m 的情况,PHC 管桩+石灰土处理方式综合单价最低。

2.4 综合比选结果

综合考虑控制沉降的效果、水源地环境保护要求、工程造价等方面,本工程桥台后路基处理方案如下:

(1)准水源保护区范围内

桥台后填土高度大于 2.0 m 时,采用 PHC 管桩+石灰土进行处理,处理长度至少 20 m,总处理长度不宜过长,具体处理长度需根据现场实际情况进行确定,保证路桥沉降合理过渡即可。

(2)准水源保护区范围外

桥台后填土高度小于等于 2.5 m 时,采用水泥搅拌桩+二灰处理,处理长度至少 20 m。

桥台后填土高度大于 2.5 m 时,采用组合式地基处理方式。对于填土高度超过 2.5 m 部分采用 PHC 管桩+石灰土处理,处理长度至少 20 m;对于填土高度小于等于 2.5 m 部分采用水泥搅拌桩+二灰处理,处理长度至少 20 m。

此外,桥台后路基处理长度不宜过长,具体处理长度需根据现场实际情况进行确定,保证路桥沉降合理过渡即可。

(下转第 67 页)

加强施工范围内的交通组织和疏解工作,及时疏解交通拥堵状况。同时加强与各部门的协调力度,做好交通应急疏解工作。如发生特发情况,应急指挥部成员、应急处置队伍应在接到指令后在最短时间内进入拥堵现场,马上采取灵活、有效的疏解措施,疏散人员、车辆等,尽快疏导交通,控制拥堵面扩大,并随即展开排险和疏导工作。

4.1 正常施工造成道路拥堵应急措施

当滨海大道施工期间出现交通严重堵塞或可预计堵塞交通的情况时,马上与交警部门取得联系,认真分析拥堵因素,采取积极有效的应急疏解措施。

4.2 突发事件造成道路拥堵应急措施

施工过程如遇突发情况,如施工事故或者发生交通事故等,都会造成道路堵塞,必须采取相应的应急措施疏导交通。现场配备专职交通协管人员,配备好抢修机械和人员,与交警部门建立联动机制。一旦发生突发情况,积极配合交管部门,根据应急预案采取相应疏导措施,同时做好现场疏导和保护工作,确保交通与人员安全。

5 结 语

交通疏解应结合现场实际情况,考虑充分利用

既有道路横向空间,并在施工期间尽量达到与现状道路匹配的通行条件^[6-7]。在施工过程中,应根据各项施工进展,及时优化交通疏解方案,保障社会道路通行顺畅,工程进展顺利。

根据道路交通疏解原则、现有道路状况和施工组织安排,并在保障施工期间不影响道路正常通行的前提下,通过科学合理的四阶段交通疏解设计方案,滨海下沉隧道工程施工进展顺利,可为类似工程的交通疏解设计提供参考。

参考文献:

- [1] 王士野.老城区中心敏感区域地铁施工交通疏解方案探究[J].工程建设与设计,2021(5):77-79.
- [2] 胡建国,罗从伍,陈宏.深圳地铁14号线黄木岗站三线换乘方案研究[J].隧道建设(中英文),2019,39(4):633-641.
- [3] 匡月青,刘明,刘勇,等.新白广城际白云机场段配套道路工程交通疏解方案设计[J].城市道桥与防洪,2020(8):77-78,88,11.
- [4] 莫阳.城市轨道交通施工期交通疏解系统化设计探索[J].城市道桥与防洪,2020(7):244-246,251,27.
- [5] 王磊,周春亮,邓鑫伟.城市重大枢纽工程施工期交通组织方案研究[J].城市道桥与防洪,2020(3):114-117,18.
- [6] 王启洪.重庆铁路枢纽建设研究与实践[J].铁道建筑,2019,59(10):148-154.
- [7] 蔡道平,张必准,徐恭义.武汉杨泗港长江大桥工程交通疏解设计[J].中外公路,2021,41(1):305-309.

(上接第61页)

3 结 语

本文结合大叶公路改扩建工程对桥台后软土路基处理方法进行了比选研究,针对本工程的特点,综合考虑控制沉降效果、水源地环境保护要求、工程造价等方面,确定了适用于本工程桥台后软土路基的处理方法。

参考文献:

- [1] 周学明,袁良英,蔡坚强.上海地区软土分布特征及软土地基变形实例浅析[J].上海地质,2005,26(4):6-9.
- [2] 水泥改良土人工冻土性能及抑制冻胀融沉机理研究[D].上海:同济大学,2008.
- [3] 冯波.刚性桩在桥台后深厚软土地基处理中的应用[J].山西建筑,2010,36(24):338-339.
- [4] 马小锋.浅谈软土地基处理方法[J].山西建筑,2008,34(1):121-122.
- [5] 张廷军.关于公路施工中软土地基处理技术的探讨[J].低碳世界,2014(7):193-194.